

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.15 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии»

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Основные электротехнические материалы, провода и кабели	3
1.2 Лекция № 2 Электроизмерительные приборы	4
1.3 Лекция № 3 Электронагревательные устройства	9
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	14
2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Устройство и работа регулирующего сопротивления в режиме реостат и потенциометр	14
2.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Определение удельной проводимости воды	21
2.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Измерение тока	23
2.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Изучение устройства и принципа действия электрокалорифера	25

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Основные электротехнические материалы, провода и кабели»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Силовые кабели
2. Потери при передачи напряжения
3. Проводники для воздушных линий электропередач
4. Сверхпроводящие кабели для линий электропередачи- кабели будущего

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Силовые кабели

Силовые кабели предназначены для передачи на расстояние электрической энергии. Кабели любых типов имеют общие конструктивные элементы: токопроводящие жилы, изоляцию и оболочку.

Классификацию силовых кабелей принято проводить по значению напряжения электрических сетей, в которых они используются

Широко применяются в трёхфазных системах с заземлённой нейтралью при напряжении 220/380 В

Изготавливаются в основном в четырёхжильном исполнении (три фазных проводника и один нулевой для соединения с заземлённой нейтралью)

В качестве электрической изоляции жил и защитных оболочек применяются пластмассы преимущественно на основе поливинилхлоридных (ПВХ) пластиков.

Показатель удельной повреждаемости кабелей с пропитанной бумажной изоляцией с 1972 года имеет тенденцию к росту, этот факт предопределил переход к более современным материалам для изготовления кабельной продукции.

Наиболее широко используемым полиолефином в кабельной технике является полиэтилен (ПЭ). Создание трёхмерной молекулярной структуры, путём образования поперечных связей между макромолекулами полиэтилена позволяет значительно улучшить свойства этого материала, соответственно улучшаются характеристики кабеля выполненного с изоляцией из сшитого ПЭ.

Полиэтилен образуется путём полимеризации этилена – газообразного продукта состоящего из атомов углерода и водорода. Молекулы представляют отдельные нити образующие беспорядочную структуру

За счет повышения рабочих температур изоляции из сшитого ПЭ, допустимые нагрузки кабелей увеличиваются на 17% при прокладке в земле и на 20% при прокладке в воздухе, по сравнению с кабелями в пропитанной бумажной изоляции

2. Потери при передачи напряжения

Зарядный ток I_z (ток утечки через изоляцию кабеля) уменьшает передаваемую мощность, причём значение I_z , а значит, и отбираемой мощности пропорционально длине L кабельной линии

$$I_z = U \cdot \omega \cdot C_0 \cdot L$$

Где: U – фазное напряжение

ω – угловая частота

C_0 – электрическая ёмкость фазы кабеля на единицу длины

По достижении некоторой, критической длины $L_{кр}$ ток I_z окажется равным допустимому току нагрузки на кабель, что сделает передачу энергии невозможной

Значение $L_{кр}$ – для кабелей передающих переменное напряжение, ориентировочно составляет несколько десятков километров.

Для кабелей постоянного тока потери энергии $I_z = 0$, что делает их привлекательными и часто единственно возможным техническим решением для передачи

энергии на большие расстояния, в первую очередь - при пересечении больших водных преград.

3. Проводники для воздушных линий электропередач

Для воздушных линий электропередач на 35 – 1150кВ применяются неизолированные алюминиевые и сталеалюминиевые провода. Алюминиевые и сталеалюминиевые провода являются многопроволочными, причем алюминиевые проволоки определяют электрические характеристики провода, а стальной сердечник обеспечивает механические характеристики.

СИП применяются для воздушных распределительных сетей низкого и среднего напряжения, взамен неизолированных алюминиевых и сталеалюминиевых проводов

СИП представляет собой пучок скрученных изолированных фазных проводников с несущим нулевым проводом и проводом меньшего сечения для уличного освещения

Несущий нулевой провод выполняется из алюминиевого сплава на базе Al-Mg-Si с высокой разрывной прочностью (не менее 295 МПа)

Эксплуатационные преимущества изолированных самонесущих проводов:

Повышенная надежность в эксплуатации за счет значительно меньшей вероятности короткого замыкания

Увеличение стойкости к атмосферным воздействиям (обледенение, ветровые нагрузки)

Снижение индуктивного сопротивления в 3,5 раза, что позволяет сократить потери электроэнергии и увеличить токи нагрузки

Меньше страдают зеленые насаждения (не требуется производить вырубку деревьев по трассе прокладки)

4. Сверхпроводящие кабели для линий электропередачи- кабели будущего

Сверхпроводимость- свойство многих проводников состоящее в том, что их электрическое сопротивление скачком падает до нуля при их охлаждении ниже определённой критической температуры, характерной для данного материала.

Впервые явление сверхпроводимости наблюдал Камерлинг-Оннес в 1911году. Охладив ртуть до температуры 4,15K (-269 С°) Камерлинг-Оннес обнаружил, что сопротивление образца резко упало до нуля, позднее он обнаружил, что электрическое сопротивление восстанавливается при включении достаточно мощного магнитного поля (его называют критическим магнитным полем).

Идея передавать электроэнергию с помощью сверхпроводящих кабелей, обрела реальность в 1986г. После открытия высокотемпературной сверхпроводимости.

В 1987 году были получены первые образцы высокотемпературных сверхпроводников. Материал на основе $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ представляет собой неупорядоченную систему мелких кристаллов находящихся в слабом электрическом контакте между собой. Такой проводник переходил в состояние сверхпроводимости при 90K (-183С°)

В начале 90-х годов во многих развитых странах были начаты и удачно продвигаются работы по созданию сверхпроводящих кабелей. Для охлаждения таких кабелей применяется жидкий азот, который на порядок дешевле жидкого гелия.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Электроизмерительные приборы»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Назначение. Классификация
2. Измерительные системы. Расширение пределов измерения. Классы точности.
3. Электрические механизмы и измерения некоторых неэлектрических величин.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Назначение. Классификация

Электроизмерительные приборы можно классифицировать по следующим признакам:

- методу измерения;
- роду измеряемой величины;
- роду тока;
- степени точности;
- принципу действия.

Существует два метода измерения. Классификация электроизмерительных приборов по методу измерения:

- Метод непосредственной оценки, заключающийся в том, что в процессе измерения сразу оценивается измеряемая величина.

- Метод сравнения, или нулевой метод, служащий основой действия приборов сравнения: мостов, компенсаторов.

Классификация электроизмерительных приборов по роду измеряемой величины:

- для измерения напряжения (вольтметры, милливольтметры, гальванометры);
- для измерения тока (амперметры, миллиамперметры, гальванометры);
- для измерения мощности (ваттметры);
- для измерения энергии (электрические счетчики);
- для измерения угла сдвига фаз (фазометры);
- для измерения частоты тока (частотомеры);
- для измерения сопротивлений (омметры).

Классификация электроизмерительных приборов по роду тока:

- постоянного;
- переменного однофазного;
- переменного трехфазного тока.

Классификация электроизмерительных приборов по степени точности: по степени точности приборы подразделяются на следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; и 4,0. Класс точности не должен превышать приведенной относительной погрешности прибора, которая определяется по формуле:

где A — показания поверяемого прибора; A_0 — показания образцового прибора; A_{\max} — максимальное значение измеряемой величины (предел измерения).

2. Измерительные системы. Расширение пределов измерения. Классы точности.

В условиях сельскохозяйственного производства при помощи электроизмерительных приборов измеряют и электрические величины (например, напряжение, ток, мощность, сопротивление) и некоторые неэлектрические величины (температура, давление, перемещение, уровень и т. п.).

К электроизмерительным приборам предъявляется ряд общих технических требований.

Точность. Всякий измерительный прибор из-за относительного несовершенства конструкции, а также из-за нестабильности измерительной цепи имеет погрешность, то есть его показания всегда отличаются от действительного значения измеряемой величины.

Точность (и класс) прибора тем выше, чем меньше отличаются его показания от действительного значения измеряемой величины.

Стабильность. Физико-механические, электрические, магнитные и другие свойства электроизмерительных приборов в процессе их эксплуатации под действием различных факторов могут изменяться и тем самым влиять на погрешность прибора, то есть сказываться на стабильности, неизменности результатов измерений.

Устойчивость к влияниям внешних факторов способствует более точной и качественной работе электроизмерительных приборов. Чем меньше влияния внешних факторов, тем достовернее результаты измерений.

Чувствительность — это отношение линейного или углового перемещения указателя (стрелки) прибора к изменению значения измеряемой величины.

Электроизмерительный прибор должен наряду с точным показанием числового значения измеряемой величины остро реагировать на самое малое изменение этой величины.

Собственное потребление электроэнергии — важный показатель качества электроизмерительного прибора.

С увеличением потребляемой прибором электроэнергии возрастает его влияние на исследуемую цепь и увеличиваются погрешности измерений.

Перегрузочная способность характеризует свойство электроизмерительных приборов противостоять в процессе эксплуатации кратковременным незначительным перегрузкам. Электроизмерительные приборы рассчитаны на определенную перегрузочную способность.

Изоляция токоведущих частей. Надежность работы электроизмерительных приборов в значительной мере зависит от состояния изоляции их токоведущих частей. При пониженном сопротивлении изоляции токоведущих частей прибора возможны токи утечки, приводящие к увеличению погрешности измерений.

Механическая добротность показывающих электроизмерительных приборов зависит чаще всего от уравновешенности подвижной системы. При хорошо уравновешенной подвижной системе и малом моменте трения прибор отличается более высокой механической добротностью.

Точность измерений характеризуется погрешностью измерений. Принято различать абсолютную, относительную и приведенную относительную погрешности.

Абсолютная погрешность

Приведенная относительная погрешность прибора

где A_n — номинальное значение шкалы прибора, то есть его верхний предел измерений.

В соответствии с приведенной относительной погрешностью все электроизмерительные приборы подразделяют на восемь классов точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Эти числа приводятся на шкалах приборов и показывают, какую наибольшую погрешность (в процентах от номинального значения шкалы) может дать прибор при измерениях. Следовательно, наибольшие допустимые погрешности, определяющие классы точности приборов, таковы: $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,2$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $\pm 1,5$; $\pm 2,5$; $\pm 4,0\%$.

Обратимся к конкретному примеру. Если, судя по показаниям амперметра, номинальное значение шкалы которого 10 А, ток в электрической цепи 4,9 А, а действительное значение тока (по показаниям эталонного прибора) 5,0 А, то абсолютная погрешность

3. Электрические механизмы и измерения некоторых неэлектрических величин.

Измерительные механизмы приборов могут быть отнесены к различным системам, основные из которых охарактеризованы ниже.

Измерительные механизмы магнитоэлектрической системы состоят из двух основных частей: обычно это неподвижный постоянный магнит 1 и подвижная проволочная рамка 8, расположенная между его полюсами 2 и укрепленная на полуосях (кернах) 3.

В результате взаимодействия магнитных полей магнита 1 и постоянного тока, пропускаемого по обмотке рамки 8, возникает электромагнитный момент,

поворачивающий рамку и связанную с ней стрелку 3 на некоторый угол, который определяют по выражению

постоянная и, следовательно,
при некотором номинальном предельном значении тока рамка отклоняется на максимальный угол.

Иногда в приборах магнитоэлектрической системы применяют подвижный постоянный магнит и неподвижную проволочную катушку.

Электромагнитная система находит наибольшее применение для технических измерений. Принцип действия измерительных механизмов этой системы основан на свойстве неподвижной катушки 1 (рис. 51), включенной в цепь тока, втягивать якорь — стальной сердечник 6, связанный с указательной стрелкой 9. Противодействующий механический момент создается спиральной пружиной 8.

Угол поворота, подвижного механизма и стрелки пропорционален квадрату силы тока, проходящего по обмотке катушки 1.

В измерительных механизмах электродинамической системы в результате взаимодействия токов, проходящих по обмоткам неподвижной и подвижной катушек, возникает электромагнитный момент, поворачивающий на определенный угол подвижную катушку вместе с указательной стрелкой. Противодействующий механический момент создается, спиральными пружинами.

В такой системе угол поворота подвижной части (катушки с осью и указательной стрелкой) пропорционален произведению значений токов неподвижной и подвижной катушек.

Методы электрических измерений неэлектрических величин находят чрезвычайно широкое применение в сельскохозяйственном производстве.

Особенность подобных методов заключается в том, что искомая неэлектрическая величина (температура, влажность, давление, скорость и т. д.) преобразуется в зависимую от нее электрическую величину (напряжение, ток), по измерениям которой судят о значении соответствующей неэлектрической величины. Это характерное для данного вида измерений преобразование неэлектрической величины в электрическую происходит в специальных устройствах — измерительных преобразователя (датчик x).

В зависимости от физических явлений и принципов действия, которые положены в основу работы датчиков, различают следующие типы применяемых в практике сельскохозяйственных измерений датчиков:

- реостатные (для измерения объема, уровня жидкости, перемещения деталей и т. д.),
- контактного сопротивления и проволочные (для измерения давления, деформации и т. п.);
- термосопротивления (для измерения температуры, скорости движения газов, состава газов и др.);
- электролитические (для измерения концентрации и количественного анализа жидкостей и газов);
- магнитоупругие (для измерения механических величин);
- индуктивные (для измерения силы, давления и линейного перемещения);
- емкостные (для измерения силы, давления, линейного перемещения, угла поворота, количества вещества, содержания влаги);
- фотоэлектрические (для измерения линейных размеров, температуры, прозрачности и мутности жидкости и газовой среды);
- ионизационные (для анализа газа, определения плотности газа, а также геометрических размеров изделий).

Ниже в общем виде охарактеризованы методы и средства, применяемые в практике электрических измерений некоторых неэлектрических величин.

Измерения температуры почвы, воздуха, растений, животных, зерна и других объектов выполняются при помощи термометров сопротивления, термисторных и термоэлектрических термометров.

Принцип действия термометров сопротивления основан на том, что используемые в них проволоочные термосопротивления из материала, который обладает большим температурным коэффициентом сопротивления, например меди (до 150° С), никеля (до 300° С), платины (до 600 °С), помещенные в контролируемую среду, изменяют свое сопротивление с изменением ее температуры. Измеряя электрическое сопротивление этих материалов, определяют температуру контролируемой среды.

В термисторных термометрах в качестве воспринимающего элемента применяют полупроводниковые термосопротивления (термисторы, например типа ММТ), температурный коэффициент сопротивления которых намного (примерно в 10 раз) больше, чем у металлов.

Термоэлектрические термометры преобразуют измеряемую неэлектрическую величину (температура) в электрическую — э.д.с. Таким термоэлектрическим преобразователем является термопара, состоящая из двух специально подобранных проволок, одни концы которых спаяны или сварены, а другие подключены к измерительному прибору. Если место соединения проволок нагреть, то на свободных концах появляется термо-э.д.с., значение которой пропорционально температуре и зависит от материала проволок. В термопарах используют сочетания различных металлов: медь — константа

(до 300° С), Медь — конпель (до 600°), железо — конпель (до 800° С), хромель — конпель (до 800° С), хром — алюмель (до 1300 С), платина — платинородий (до 1600° С).

Измерение влажности твердых тел (дерева, ткани, кожи и др.) и сыпучих тел (почвы, зерна, крупы, муки и др.) выполняют, используя метод электропроводности или метод диэлектрической проницаемости.

В приборах для измерения влажности твердых и сыпучих материалов применяют емкостные преобразователи (конденсаторы). При заполнении испытуемым материалом пространства между электродами изменяется емкость такого конденсатора, которая определяется диэлектрической проницаемостью материала, зависящей, в свою очередь, от содержания влаги в нем.

Измерение давлений, усилий и деформаций проводят посредством электрических датчиков с проволоочными или индуктивными преобразователями, соединенными по мостовой схеме.

Преобразователи (датчики) из тонкой (например, из константовой или нихромовой) проволоки приклеивают к поверхности исследуемой машины, установки или детали. Во время испытаний деформации воспринимаются преобразователем, в результате чего его размеры, удельное и общее сопротивление соответственно изменяются. Измеряя электрическое сопротивление, определяют давления и механические напряжения, возникающие в исследуемом объекте.

Измерение частоты вращения выполняют при помощи электрических тахометров. В индукционных тахометрах скорость вращения преобразуется посредством генератора постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов в напряжение, измеряемое вольтметром, шкала которого проградуирована непосредственно в единицах искомой величины (об/мин).

Измерение крутящих моментов при испытании тракторов и сельскохозяйственных машин проводят при помощи ротационных динамометров и динамографов (тorsiометров).

1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Электронагревательные устройства»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Классификация.
2. Устройство и принцип действия элементных, электродных, индукционных и дуговых нагревательных устройств.
3. Водонагреватели. Нагреватели воздуха, почвы.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Классификация.

Преобразование электрической энергии в тепловую осуществляется путем возбуждения внешним электрическим полем в нагреваемых объектах различных форм движения свободных или связанных электрических зарядов.

Электрический ток в зависимости от природы зарядов (свободные или связанные) и способа их возбуждения может быть током проводимости (в проводниках), электрического смещения (в диэлектриках), током электронного луча (при электронно-лучевом нагреве) и др. В нагреваемом теле движению (свободных) или смещению (связанных) зарядов препятствуют (оказывают сопротивление) электрически нейтральные частицы вещества. Энергия внешнего электромагнитного поля, расходуемая на преодоление этого сопротивления, выделяется в виде теплоты.

В зависимости от класса нагреваемых материалов (проводники, полупроводники, диэлектрики) и способов возбуждения в них электрического тока или поля различают электрический нагрев сопротивлением (резистивный), электродуговой, индукционный, диэлектрический, электронный, лазерный.

Основной способ нагрева, используемый в животноводстве, коммунальном секторе и быту, — электронагрев сопротивлением. Он основан на выделении теплоты в твердых или жидких электропроводящих материалах при прохождении по ним электрического тока. Количество выделенной в проводнике теплоты (в джоулях) определяется законом Джоуля - Ленца:

$$Q = I^2 R t,$$

где I — сила тока, А; R — сопротивление проводника, Ом; t — время нагрева, с.

Если проводником является сам нагреваемый материал, то такой нагрев называют прямым. Прямой электронагрев сопротивлением подразделяется на электроконтактный (применяется

для нагрева металлических изделий при электроконтактной сварке) и электродный (применяется для нагрева проводников второго рода, например воды, влажных кормов).

Косвенный электронагрев основан на использовании электрических нагревателей сопротивления, теплота от которых передается нагреваемой среде путем теплопроводности, конвекции, излучения или комбинацией этих способов.

2. Устройство и принцип действия элементных, электродных, индукционных и дуговых нагревательных устройств.

При электродном нагреве проводником является вещество с ионной проводимостью (вода, влажный корм, тепличный грунт и т.п.). Нагрев осуществляется электрическим током, проходящим через материал от электрода к электроду. Электродный нагрев является наиболее простым и экономичным способом прямого нагрева материалов. Electroды изготавливают из металлов или графита. Для исключения явления электролиза используют только переменный ток.

В сельском хозяйстве электродный нагрев наиболее распространен в водонагревателях и паровых котлах. Электропроводность сред и материалов зависит от содержания в них воды, проводимость которой обусловлена наличием растворенных

солей, кислот, щелочей (их молекулы в воде диссоциируют на ионы). При малых концентрациях зависимость проводимости воды от содержания солей может быть принята линейной

Основным элементом установки косвенного нагрева является электрический нагреватель, преобразующий, электрическую энергию в тепловую. Теплопередача от резистивных нагревателей нагреваемой среде может осуществляться теплопроводностью, конвекцией и излучением.

К материалам, из которых изготавливают тело нагрева, предъявляются следующие требования: жаростойкость (устойчивость к окислению при высоких температурах); жаропрочность (способность выдерживать механические нагрузки при высоких температурах); большое удельное электрическое сопротивление; малый температурный коэффициент сопротивления. Перечисленным требованиям отвечают хромоникелевые сплавы — нихромы.

По исполнению различают открытые, закрытые и герметичные электронагреватели. В открытых нагревателях нагревательные сопротивления доступны для воздуха или другой среды, в закрытых они размещены в защитном кожухе, предохраняющем тело нагрева от механических воздействий, в герметичных исключается доступ воздуха к нагревательному сопротивлению. Наиболее распространены герметичные ТЭНы. Они применяются в водонагревателях, калориферах, установках лучистого нагрева, бытовых электроприборах.

Для косвенного резистивного нагрева применяются нагревательные провода и кабели, которые имеют токопроводящую жилу из материала с повышенным или высоким сопротивлением и теплоустойчивую изоляцию (провода ПОСХВ, ПОСХП и др.). Нагревательные провода и кабели используются для обогрева почвы и воздуха в теплицах, для обогрева трубопроводов, а также при устройстве электрообогреваемых полов в животноводческих и жилых помещениях.

Электрические водонагреватели и котлы применяют в технологических процессах животноводства, в системах горячего водоснабжения, отопления и вентиляции. Их классифицируют по способу нагрева, принципу нагрева (прямой, косвенный), принципу действия (периодического, непрерывного), рабочей температуре, давлению, напряжению питания. Водонагреватели работают обычно под атмосферным давлением и предназначены для получения горячей воды с температурой до 95 °С. Водогрейные котлы работают под избыточным давлением (до 0,6 МПа). Электрические паровые котлы производят насыщенный пар давлением до 0,6 МПа.

Элементные водонагреватели работают по принципу косвенного электронагрева воды с помощью ТЭНов. Они характеризуются достаточной электробезопасностью при обслуживании и широко применяются для нагрева воды непосредственно в местах ее потребления. Основная особенность этих водонагревателей — сравнительно небольшая производительность при высокой электробезопасности и простоте обслуживания. В элементных водонагревателях электрический ток не влияет на качество воды, мощность водонагревателей за время нагрева практически не меняется. К недостаткам этих водонагревателей относятся сравнительно низкая эксплуатационная надежность из-за ограниченного срока службы ТЭНов и большой удельный расход электроэнергии на нагрев воды (более низкий КПД).

Емкостные водонагреватели имеют теплоизолированный резервуар для воды. Они малопроизводительны, но, имея малую установленную мощность, не перегружают подстанции и сети. Благодаря хорошей теплоизоляции такие водонагреватели способны длительное время (8...10 ч) поддерживать температуру нагретой воды, поэтому их можно включать в ночное время, запасать горячую воду и затем отдавать ее потребителям по мере необходимости.

Емкостные электрические водонагреватели типа У АП, из которых наиболее распространен водонагреватель УАП-200.0,9 (рис. 5.1), предназначены для нагрева воды

на животноводческих фермах, предприятиях бытового и коммунального назначения, в гаражах, мастерских. В маркировке водонагревателя: 200 — вместимость резервуара в литрах, 0,9 — температура

электрическая дуга — устойчивый самостоятельный электрический разряд в газах или парах металлов, характеризующийся высокой плотностью тока и низким падением напряжения между электродами. Горение дуги сопровождается интенсивным нагревом электродов и газового промежутка. Температура тела дуги достигает 6000... 10 000 °С и более, что достаточно для плавления и испарения самых тугоплавких металлов и сплавов. В сельскохозяйственном производстве основная область применения электродугового нагрева — дуговая электросварка.

Возбуждение дуги осуществляют путем первоначального касания электродов, вызывая термическую ионизацию паров металла и молекул газа между электродами, или с помощью специальных устройств бесконтактного поджига дуги, создающих между электродами импульсы высокого напряжения.

Горение электрической дуги сопровождается следующими эффектами, обуславливающими области ее применения:

- большим выделением теплоты на электродах (на этом основана электродуговая сварка и плавка металлов в электродуговых печах прямого нагрева);
- высокоинтенсивным инфракрасным излучением (это свойство используется в электродуговых печах косвенного нагрева);
- мощным потоком видимого излучения (это свойство дуги используется в электродуговых осветительных приборах);
- интенсивным ультрафиолетовым излучением (как генератор ультрафиолетовых лучей электрическая дуга не используется из-за низкого энергетического КПД).

В электрической дуге переменного тока катод и анод периодически (с частотой тока) меняются местами. При каждом переходе тока через нуль другого участка снижается температура дугового промежутка, происходит частичная деионизация газовой смеси. Повторное зажигание дуги в начале следующего полупериода происходит при достижении напряжения, достаточного для зажигания дуги, поэтому дуга переменного тока горит прерывисто и неустойчиво. Чтобы повысить устойчивость, необходимо более высокое напряжение питания, чем для дуги постоянного тока. Устойчивость дуги возрастает при включении индуктивности в сварочную цепь.

Источники питания для дуговой сварки классифицируют по роду тока (постоянного и переменного тока); числу фаз (однофазные и трехфазные); виду внешних характеристик (с. падающей, жесткой, возрастающей характеристикой); техническому исполнению (вращающиеся, статические); числу сварочных постов (однопостовые, многопостовые); способу снабжения энергией (зависимые, т.е. питаемые от электрической сети, и автономные).

К источникам питания для дуговой сварки предъявляют следующие требования:

- обеспечение устойчивого горения дуги; возможность настройки режимов сварки;
- безопасность обслуживания; высокие энергетические и экономические показатели.

Выполнение этих требований достигается выбором основных параметров источников питания (внешней характеристики, напряжения холостого хода, способа регулирования сварочного тока).

3. Водонагреватели. Нагреватели воздуха, почвы.

В сельскохозяйственном производстве применяют элементные (косвенного нагрева) и электродные (прямого нагрева) электроводонагреватели. Элементные водонагреватели просты по устройству и в эксплуатации, имеют высокий КПД и $\cos \phi = 1$. Их комплектуют стандартными нагревательными элементами типа ТЭН и выпускают на

мощность до 40 кВт. Наибольшее применение получили аккумуляционные (емкостные) элементные водонагреватели, имеющие слой теплоизоляции, благодаря которому снижение температуры воды при отключении электронагревателя не превышает 0,8...1° в час. Это дает возможность включать водонагреватель в часы провала суточного графика электрических нагрузок хозяйства и иметь круглосуточно горячую воду даже в случаях перерывов электроснабжения.

Кроме емкостных, применяют проточные электроводонагреватели, в которых воду нагревают непосредственно перед употреблением. Они дешевле и компактнее, позволяют получать большое количество горячей воды за короткий срок. Но в проточных водонагревателях трудно регулировать температуру воды на выходе, невозможна их работа по принудительному графику. Для подогрева большого количества воды до высокой температуры требуется большая мощность, и при перерывах электроснабжения хозяйство лишается горячей воды. Поэтому проточные электронагреватели лучше использовать там, где требуется длительная непрерывная подача горячей воды, например при поливе растений в парниках и теплицах, в системе электроводяного отопления и т. п.

При нагреве воды до температуры выше допускаемой датчик температуры ВК1 замыкает свои контакты в цепи катушки промежуточного реле KL1, которое срабатывает и размыкает свои контакты в цепи катушки магнитного пускателя КМ1, что вызывает отключение первой группы нагревательных элементов. Если температура воды и далее повышается, то замыкаются контакты температурного датчика ВК2, что вызывает отключение второй группы нагревательных элементов (через промежуточное реле KL2 и магнитный пускатель КМ2), при этом электроводонагреватель оказывается полностью отключенным. При снижении температуры воды сначала размыкает свои контакты температурный датчик ВК2 и подает импульс на включение второй группы нагревателей; если температура воды и далее понижается, размыкает свои контакты датчик ВК1 и включается первая группа электронагревателей. Ручное управление осуществляется тумблерами S1 и S2.

В электродных водонагревателях вода нагревается проходящим через нее током. Они просты по устройству, требуют значительно меньших капитальных затрат по сравнению с огневыми водогрейными установками, могут быть полностью автоматизированы. Однако они имеют повышенную электроопасность, вызывающую необходимость специальных мер защиты от поражения электрическим током; их мощность зависит от свойств местной воды и в процессе нагрева возрастает за счет резкого уменьшения сопротивления воды. В сельском хозяйстве применяют электроводонагреватели типа ЭПЗ-100, КЭВ.

ЭПЗ-100 мощностью 25, 60 и 100 кВт рассчитаны на напряжение 380/220 В и имеют устройство для регулирования мощности в пределах от 100 до 10%. Номинальный режим рассчитан на воду с удельным сопротивлением 30 Ом-м при температуре 20°С. Наименьшее допускаемое сопротивление воды при 20°С — 10 Ом-м. Температура воды при номинальном режиме на входе 70 °С, на выходе 95 °С.

Электроводонагреватели выбирают по следующему условию

$$P_{\Sigma} \geq P_{\text{расч}}, \quad (9-1)$$

где P_{Σ} , $P_{\text{расч}}$ — соответственно суммарная установленная и расчетная мощности электроводонагревателей, кВт.

Расчетная мощность (кВт) емкостных водонагревателей

$$P_{\text{расч}} = k_3 mc (\vartheta_{\text{г}} - \vartheta_{\text{х}}) / (3,6 T \eta_{\text{в}} \eta_{\text{т.с}}), \quad (9-2)$$

где k_3 — коэффициент запаса мощности (1,1...1,2); m — масса нагреваемой воды, кг; c — теплоемкость воды [4,19 кДж/(кг*°С)]; $\vartheta_{\text{г}}$ — температура горячей воды, °С; $\vartheta_{\text{х}}$ — температура холодной воды (7...10°); T — число часов работы электроводонагревателя; $\eta_{\text{в}}$

—КПД водонагревателя (0,85...0,95); $\eta_{т.с}$ — КПД тепловой сети (для емкостных и проточных электроводонагревателей $\eta_{т.с} = 0,8...0,9$, для циркуляционной системы автопоения $\eta_{т.с} = 0,5...0,7$).

Для проточных электроводонагревателей

$$P_{расч} = k_3 Q_c (\vartheta_r - \vartheta_x) / (3,6 \eta_v \eta_{т.с})$$

где Q — производительность установки, $дм^3/ч$.

Расчетная мощность электроводонагревателя для циркуляционной системы автопоения животных *

$$P_{расч} = k_c k_q q_{сн} (\vartheta_r - \vartheta_x) / (3,6 \cdot 24 \eta_v \eta_{т.с})$$

где k_G — коэффициент суточной неравномерности водопотребления (1,2...1,3); k_4 — коэффициент часовой неравномерности водо* потребления (1,6...2); q — суточная норма поения на одну голову, $дм^3/гол$ (табл. 9.2); n — число голов.

Температуру воды для поения животных принимают в следующих пределах: для коров — 8...12 °С, телят — 14...16, свиней — 10...16, для поросят — 16'...20°С. Температуру горячей йоды для производственных нужд принимают: для мойки молокопроводов, молочной посуды, шлангов — 55...65°,С; для подмывания вымени у коров — 37...38, для приготовления кормов — 40...65, для отопления вспомогательных и подсобных помещений — 70...95 °С.

Нормы расхода пара на приготовление 1 кг корма: варка корнеклубнеплодов — 0,15...0,20 кг, запаривание измельченных концентратов — 0,2...0,25, запаривание соломы — 0,3...0,35, нагрев воды от 7 до 87 °С — 0,2...0,25 кг.

Для создания молодняку животных и птицы оптимальных условий наряду с общим отоплением помещения применяют дополнительные средства обогрева в местах расположения животных и птицы. Одно из этих средств, дающих большой биологический и экономический эффект, — это применение обогреваемых полов, плит и ковров. При обогреве бетонных полов нет необходимости покрывать пол асфальтом или деревянными щитами, почти полностью исключается из употребления подстилка, уменьшается расход теплоты на общее отопление помещения. Благодаря теплоаккумулирующей способности пола вблизи животных длительное время поддерживается оптимальная температура или близкая к ней даже при прекращении подачи электроэнергии.

В качестве нагревательных элементов применяют изолированные провода с токоведущей жилой из оцинкованной стали марки ПОСХВ, ПОСХП, ПОСХВТ, ПНВСВ и неизолированную стальную оцинкованную проволоку диаметром 2...5 мм, отрезки которой закладывают в бетон пола.

Провод ПНВСВ, изготавливаемый по ТУ 16-705- 268—83, по сравнению с проводами ПОСХВ и ПОСХП имеет значительно большую нагрузочную способность, примерно вдвое больший срок службы, более надежен и безопасен в эксплуатации. По данным исследований ВИЭСХ, экономический эффект при применении провода ПНВСВ по сравнению с проводом ПОСХВ составляет 99 руб/км за счет отсутствия экранирующей сетки при укладке провода в почву, полы, плиты, панели, меньшей его общей длины при одинаковом тепловом эффекте и большего срока службы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 (2 часа).

Тема: «Устройство и работа регулирующего сопротивления в режиме реостат и потенциометр»

3.1.1 Задание для работы:

1. Основные правила составления и чтения схем электроустановок
2. Правила сборки электрических схем

3. Изучить устройство, принцип действия и схемы включения реостата и потенциометра.

4. Оценить качество регулирования тока в нагрузке при включении регулировочного сопротивления по схеме реостата и схеме потенциометра

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Выводы приборов и оборудования, размещённых на пронумерованных панелях стенда, осуществлены на клеммы, с помощью которых через соединительные провода с наконечниками приборы соединяются в схемы. Для соединения приборов, находящихся на противоположных сторонах стенда, служат переходные клеммы, расположенные на двух нижних рейках стенда, имеющие номера от 1 до 18 с каждой стороны стенда. Клеммы, имеющие одинаковый номер, соединены между собой проводом-удлинителем.

На стенде с правой стороны имеется панель питания ПП1, на которой расположены 4 автоматических выключателя QF, с помощью которых на стенд подаётся трёхфазное напряжение соответственно 127/220 вольт (QF...-ПП1a) и 220/380 вольт (QF...-ПП1c) и однофазное переменное и постоянного напряжения соответственно 127 вольт (QF...-ПП1b) и 220 вольт (QF...-ПП1d). Сигнальные лампы, расположенные между выключателями, указывают на подачу напряжения до автоматических выключателей, а лампы, расположенные у клемм – на наличие напряжения непосредственно на клеммах. С левой стороны имеется панель питания ПП2, на которой расположены 2 автоматических выключателя QF для подачи трёхфазного напряжения 21/36 вольт (QF...-ПП2a) и для подачи выпрямленного напряжения ± 25 вольт (QF...-ПП2b).



Используемое на лабораторном стенде напряжение опасно для жизни и может привести к смертельному исходу. В связи с этим при выполнении лабораторных работ необходимо выполнять следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы убедитесь, что все автоматические выключатели отключены.
- Включение экспериментальной схемы осуществлять после проверки и по разрешению преподавателя в строго регламентированной в инструкции последовательности.
- При работе со схемой не прикасаться к токоведущим частям оборудования, проводам и клеммам.
- Изменение режимов работы оборудования и его отключение осуществлять в соответствии с приведённой в методическом указании инструкцией.
- Перед разборкой схемы, убедитесь, что все вводные автоматические выключатели обесточены.
- По окончании работы схему разобрать полностью, провода убрать на место хранения.

Основные правила составления и чтения схем электроустановок

Одним из этапов выполнения лабораторных работ является сборка схем исследуемой экспериментальной установки. Как при сборке схемы, так и при последующем её исследовании студент должен уметь её прочесть и осмыслить. Для однозначного восприятия схемы их вычерчивают по заранее установленным правилам и стандартам. Основные из них приведены ниже.

Виды и типы схем

Схемой называется специальный чертёж, на котором условными графическими обозначениями показаны все электрические, гидравлические, пневматические и другие составные части (элементы) устройств, цепи взаимосвязей между элементами в устройствах и сведения о их монтаже и эксплуатации. При выполнении ЛР будут использоваться преимущественно электрические принципиальные схемы (условное обозначение ЭЗ) и электрические монтажные схемы (условное обозначение Э4).

Условные графические обозначения

Элементы устройств на схемах изображаются в виде условных графических обозначений. Для того, чтобы схемы были понятны всем, условные графические обозначения элементов и линий связи между ними стандартизированы. При выполнении ЛПР будут использоваться в основном графические обозначения, приведённые в приложении 19.1.

Позиционные обозначения

Все элементы на схеме должны иметь буквенно-цифровые позиционные обозначения, проставляемые рядом – справа или сверху. Буквенно-цифровое обозначение является своего рода собственным именем элемента или устройства (фамилией, именем и отчеством) и должно однозначно определять элемент в пределах всего устройства. Состоит оно из одно-, двух- или трёхбуквенного кода (фамилия), стоящего на первом месте, и цифры (имя), обозначающей порядковый номер элемента в устройстве, стоящей на втором месте. Например: КМ2.3 – третий элемент (цифра 3) второго (цифра 2) магнитного пускателя (буквенный код КМ).

Коды наиболее распространённых устройств, необходимых для выполнения лабораторных работ, представлены в приложении 19.2.

Обозначения электрических цепей

Любая электрическая цепь состоит из ряда участков (одного или совокупности проводов), обеспечивающих требуемое соединение между собой выводов (клемм) отдельных элементов. Клеммы, соединённые между собой проводами при условии пренебрежительно малого сопротивления проводов по сравнению с сопротивлением элементов, приобретают одинаковый потенциал, поэтому называются равнопотенциальной точкой или узлом. Для опознавания, участкам цепей чаще всего присваивают буквенно-цифровые обозначения последовательно от ввода источника питания до приёмника, а разветвлённые – слева направо и сверху вниз. При этом

используют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. На схемах силовых цепей переменного тока ввод источника питания обозначают A, B, C и N, а последующие участки цепей: A1, B1, C1; A2, B2, C2 и т. д.

Например:

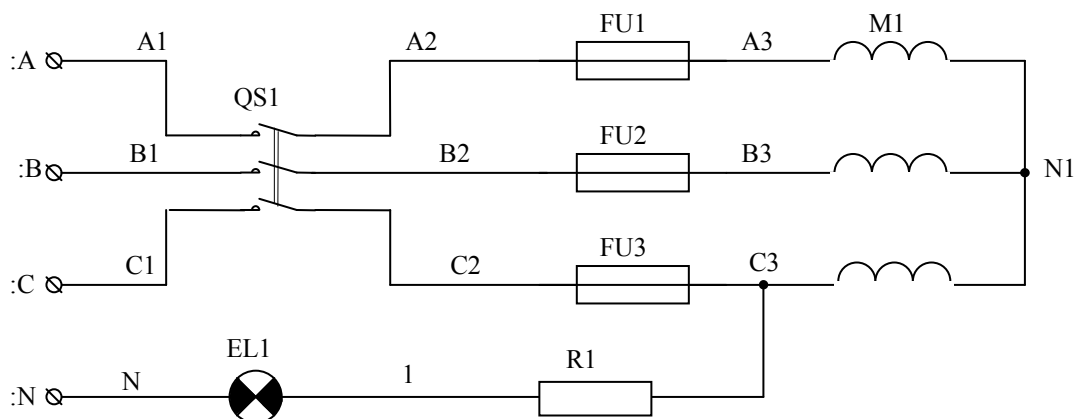


Рис. 1.2. Пример нанесения обозначений электрических цепей и позиционных обозначений на принципиальной электрической схеме

Правила сборки электрических схем

В лаборатории сборка схемы должна осуществляться быстро, рационально и без ошибок, чреватых выходом электрооборудования из строя. Поэтому каждый студент производить сборку должен осмысленно и в строго установленной, излагаемой ниже последовательности.

1. Преподаватель распределяет узлы собираемой схемы по исполнителям. (Под узлом электрической схемы понимается совокупность выводных клемм элементов электрооборудования, соединённых между собой проводами и имеющими вследствие этого одинаковый потенциал.)

2. Получив задание на сборку определённого узла схемы, очередной студент выполняет следующие действия.

А) Каждую клемму, входящую в узел:

- показывает указкой на плакате;
- называет выводом какого элемента и какого аппарата она является, а также называет номер панели, на которой данный аппарат расположен или имеет выводы (номер панели на схеме указан после позиционного обозначения через дефис);
- находит и показывает всем студентам эту клемму на стенде.

Б) После того, как все клеммы, входящие в узел, будут перечислены, берёт соединительные провода и производит сборку в следующем порядке:

- выбирает самую левую клемму на стенде из показанных и присоединяет к ней наконечник провода, длина которого достаточна для присоединения к ближайшей клемме, расположенной правее;
- к этой клемме добавляет наконечник следующего провода, длина которого достаточна для присоединения к клемме, расположенной правее;
- действия повторяет, пока не соединит все клеммы, входящие в узел.

Клеммы следует закручивать плотно, но не чрезмерно.

Примечание. При недостаточной длине проводов можно соединить два провода последовательно с помощью свободных клемм на аппаратах, не связанных с собираемой цепью электрически. При переходе на правую часть стенда следует воспользоваться

переходными клеммами стенда, расположенными на второй и третьей рейках с левой и правой стороны стенда. Клеммы следует закручивать плотно, но не чрезмерно.

Расчёт и исследование простейших электрических цепей

Назначение

Изучить устройство, принцип действия и схемы включения реостата и потенциометра. Экспериментально оценить качество регулирования тока в нагрузке при включении регулировочного сопротивления по схеме реостата и схеме потенциометра.

Краткие теоретические положения

Реостат – это устройство, обладающее электрическим сопротивлением с возможностью регулирования его величины. В условиях лаборатории используются проволочные реостаты, представляющие собой керамический цилиндр 1, на который в один слой виток к витку намотана проволока из константана. Для регулирования величины сопротивления имеется движок 3, скользящий или перекатывающийся по поверхности витков.

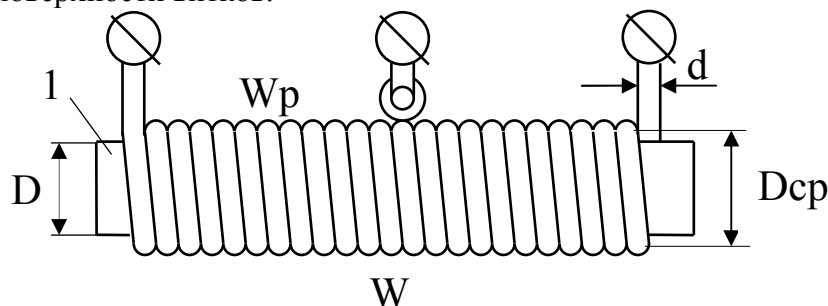


Рис. 1.1. Схематическое изображение реостата

Допустим, что на цилиндрический керамический каркас диаметром $D=0,07$ м навито $W=200$ витков константановой проволоки диаметром $d=0,0008$ м. Определим сопротивление реостата при температуре $T_r = 500$ °С. С этой целью находим:

1. средний диаметр витка

$$D_{cp} = D + d = 0,07 + 0,0008 = 0,0708 \text{ м}; \quad (1.1)$$

2. длину витка

$$l = \pi D_{cp} = 3,14 \cdot 0,0708 = 0,2224 \text{ м}; \quad (1.2)$$

3. длину навитой проволоки

$$L = Wl = 200 \cdot 0,2224 = 44,48 \text{ м}; \quad (1.3)$$

4. сечение проволоки

$$S = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,0008^2 / 4 = 5,03 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2; \quad (1.4)$$

5. сопротивление одного витка при

$$r_{20} = \rho_{20} / S = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2224 / (5,03 \cdot 10^{-7}) = 0,221 \text{ Ом}, \quad (1.5)$$

где ρ_{20} – удельное сопротивление константана при 20 °С, равное $0,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·м;

6. сопротивление проволоки при 20 °С

$$R_{20} = r_{20} W = 0,221 \cdot 200 = 44,21 \text{ Ом}; \quad (1.6)$$

7. сопротивление проволоки при 500 °С

$$R_{500} = R_{20} + \alpha R_{20} (T_r - T_x) = 44,21 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 44,21 \cdot (500 - 20) = 43,47, \quad (1.7)$$

где α – температурный коэффициент сопротивления, равный приросту сопротивления проводника величиной в 1 Ом при нагреве его на 1 градус. Для константана он равен $3,5 \cdot 10^{-5}$ 1/°С.

Как видим, сопротивление при нагреве изменилось незначительно ввиду малого значения для константана температурного коэффициента сопротивления, что и определяет константан наряду с высоким удельным сопротивлением как проводник, незаменимый для изготовления высокостабильных сопротивлений. Медный проводник увеличил бы сопротивление при таком нагреве примерно в три раза. Кроме того, на

поверхности константана образуется окисная плёнка, препятствующая прохождению тока непосредственно от витка к витку при их плотной намотке.

Сопротивление между левым выводом реостата и движком $R_p = rW_p$ будет дискретно увеличиваться с увеличением W_p при перемещении движка вправо. При большом числе витков дискретность становится незаметной, и можно говорить о плавном изменении сопротивления.

Каждый реостат характеризуется номинальной величиной сопротивления R_n и допустимой величиной тока I_d , превышение которой приводит к перегреву и выходу реостата из строя.

Порядок выполнения задания

Изучаем устройство реостата

Изучить устройство и все его элементы по наглядному пособию и плакату.

Знакомимся с основными техническими данными используемого в экспериментальной установке оборудования и его размещением на стенде

Знакомство осуществить по перечню элементов универсального лабораторного стенда, составленному на вводном занятии (Приложение 19.3).

Производим регулирование тока в обмотке возбуждения электродвигателя при включении регулирующего сопротивления по схеме реостата

Собираем электрическую схему:

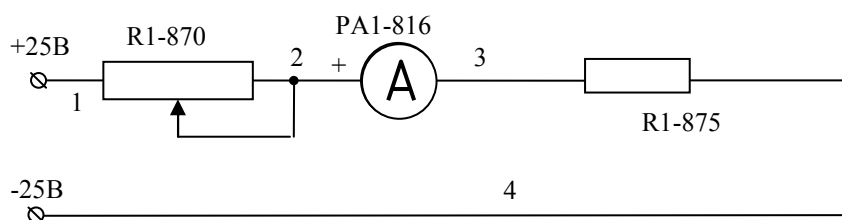


Рис. 1.3. Включение регулирующего сопротивления по схеме реостата

Сидоров собирает узел 1; Козлов – узел 2 и так далее.

Заготавливаем таблицу записи наблюдений

Распределяются исполнители

Таблица 1.1 – Данные опытов и расчётов

Исполнитель	Li , мм	I , А	$R_i = R_n \cdot Li/L$, Ом
Сидоров	0		
Козлов	30		
И т. д.	60		
	90		
	120		
	150		
	180		
	210		

Записываем действия при определении параметров точек экспериментальной зависимости, заданных вторым столбцом таблицы 1.1:

- а). С помощью линейки устанавливаем заданное положение движка;
- б). Считываем и заносим в таблицу показание амперметра;
- в). Рассчитываем и заносим в таблицу величину сопротивления реостата;

Снимаем точки экспериментальной зависимости

Старший по работе назначает исполнителей. Каждый из ответственных за точку снимает показания, как указано в предыдущем пункте, и заносит их в таблицу.

Производим регулирование тока в обмотке возбуждения электродвигателя при включении регулирующего сопротивления по схеме потенциометра

Собираем электрическую схему

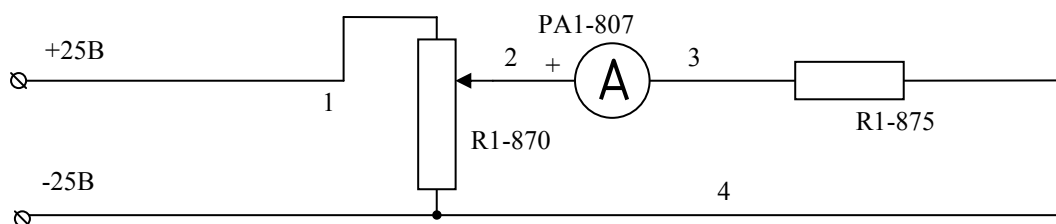


Рис. 1.3. Включение регулирующего сопротивления по схеме потенциометра

Сидоров – узел 1; Козлов – узел 2 и так далее.

Заготавливаем таблицу записи наблюдений

Распределяются исполнители

Таблица 1.2 – Данные опытов и расчётов

Исполнитель	L_i , мм	I , А	$R_i = R_n \cdot L_i / L$, Ом
Сидоров	0		
Козлов	30		
И т. д.	60		
	90		
	120		
	150		
	180		
	210		

Выполняем действия по снятию точек экспериментальной зависимости, заданных вторым столбцом таблицы 1.2

Строим графики экспериментальной зависимости $I = f(R_i)$ для обеих схем включения регулирующего сопротивления

Старший по работ е– на доске, а все остальные студенты у себя в тетрадях заготавливают оси координат. Каждый из ответственных за точку наносит её на поле графика, расположенного на доске.

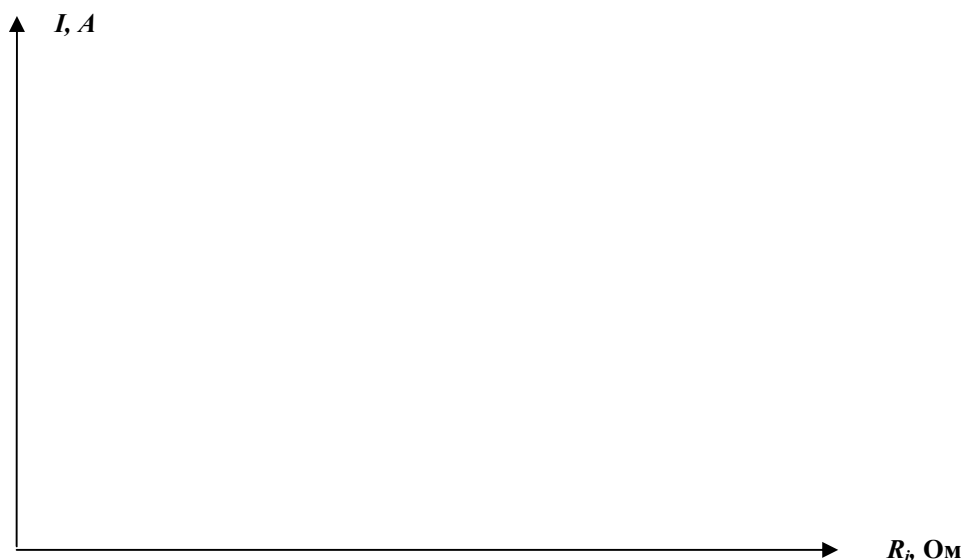


Рис. 1.4: Графики зависимости тока от величины регулирующего сопротивления (а – при регулировании по схеме реостата; б – при регулировании по схеме потенциометра)

Осуществляем сравнение способов регулирования

В тетрадах привести комментарии.

3.1.3 Результаты и выводы:

Изучить устройство реостата и зависимость тока в нагрузке от величины регулировочного сопротивления $I = f(R_i)$

3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 (2 часа).

Тема: «Определение удельной проводимости воды»

3.2.1 Задание для работы:

1. Снять зависимость удельной проводимости воды от температуры.

3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

В проводниках второго рода (растворах кислот, солей или оснований) носителями тока являются диссоциированные в воде ионы растворённых веществ – положительные (катионы) и отрицательные (анионы). Способность растворов пропускать электрический ток удобнее всего оценивать величиной, обратной сопротивлению, – проводимостью. Проводимость – это отношение тока к приложенному напряжению. Иными словами проводимость численно равна протекающему через проводник току при напряжении 1 вольт ($g = I/U$). Измеряется проводимость в сименсах (См). Сименс – это такая проводимость, при которой через проводник при напряжении 1 вольт протекает ток 1 ампер. Проводимость проводников второго рода тем больше, чем больше температура, концентрация раствора и площадь S электродов и чем меньше расстояние d между электродами.

Проводимость между плоскими электродами сечением 1 м^2 при расстоянии между ними 1 м называется удельной проводимостью γ . Она зависит только от свойств электролита и не зависит от размеров электродов. Измеряется она в См/м. Один См/м это такая удельная проводимость, при которой между плоскими электродами сечением 1 м^2 при расстоянии между ними 1 м проводимость равна одному сименсу. Если известна удельная проводимость, то проводимость между электродами определяется по формуле $g = \gamma S/d$ ($R = 1/g$; $\rho = 1/\gamma$).

Удельная проводимость воды линейно увеличивается с увеличением температуры:

$$\gamma = \gamma_{20}(0,5 + 0,025T), \quad (2.1)$$

где γ_{20} – удельная проводимость при температуре воды 20 °С.

Увеличение проводимости связано с возрастанием подвижности ионов при нагреве воды.

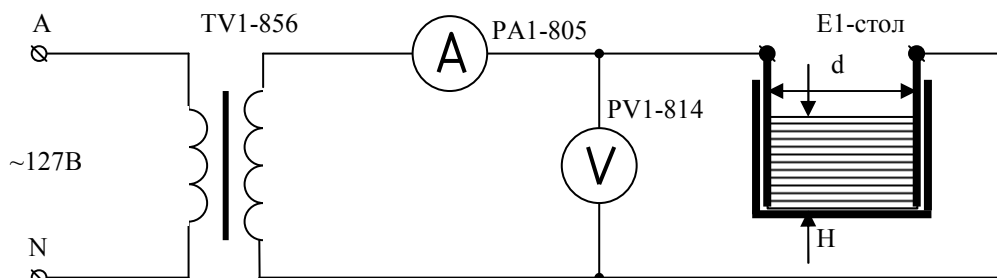


Рис.2.1. Схема определения удельной проводимости воды

Измеряем активную площадь электродов: $B=$, $d=$, $H=$, $S=BH=$
Работу выполняет очередной исполнитель.

Заготавливаем таблицу записи наблюдений:

Распределяются исполнители

Таблица 2.1 – Данные опытов и расчётов

Исполнитель	$T_i, ^\circ\text{C}$	I, A	U, B	$g=I/U,$ Сим	$\gamma = gd/S,$ Сим/м
Сидоров	20				
Козлов	30				
И т. д.	40				
	50				
	60				
	70				
	80				
	90				
	100				

Снимаем точки экспериментальной зависимости

Старший по работе назначает исполнителей и заносит их фамилии в таблицу. Каждый из ответственных за точку снимает показания, как указано в предыдущем пункте, заносит их в таблицу и затем считает расчётные данные.

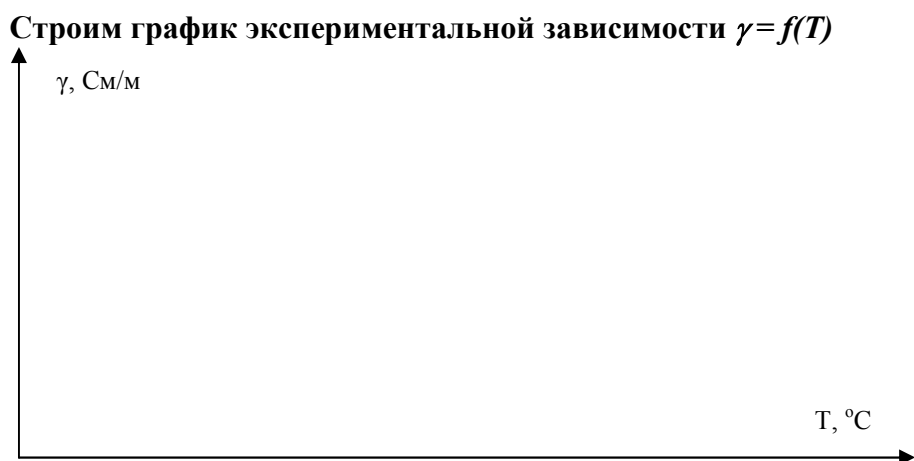


Рис. 2.2. График зависимости удельной проводимости воды от температуры

Подготавливаем ответы на контрольные вопросы

1. Что является носителями тока в растворах?
2. Как подсчитать плотность тока на электродах?
3. Дать определение проводимости.
4. Дать определение единице измерения проводимости.
5. Что такое геометрический коэффициент проводимости?
6. Как определить проводимость по данным опыта?
7. Дать определение удельной проводимости.
8. Дать определение единице измерения удельной проводимости.
9. Почему с ростом температуры проводимость электролитов и водных растворов солей увеличивается?
10. Как по данным опыта подсчитать удельную проводимость?
11. Как зависит удельная проводимость воды от температуры?

3.2.3 Результаты и выводы:

Изучить механизм прохождения тока через проводники второго рода, определить удельную проводимость воды и снять зависимость удельной проводимости воды от температуры.

3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 (2 часа).

Тема: «Измерение тока»

3.3.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство амперметров магнитоэлектрической и электромагнитной систем, устройство шунтов и трансформаторов тока.

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Амперметр

Амперметр служит для измерения силы тока в электрической цепи. Он состоит из стрелочного прибора – гальванометра с внутренним сопротивлением R_a и параллельно подключенного к нему шунтирующего сопротивления $R_{ш}$. Собственное (внутреннее) сопротивление R_a гальванометра должно быть как можно меньше, чтобы при измерении силы тока в данном участке цепи падение напряжения на приборе было минимальным.

Шунт в амперметре нужен для расширения диапазона измерений силы тока. Для увеличения диапазона измерений в n раз требуется сопротивление шунта:

$$R_{из} = R_a / (n-1).$$

В цепях переменного тока для расширения пределов измерения амперметра используется трансформатор тока. Он же служит и для гальванического разделения измеряемой цепи (часто высокого напряжения) и измерительной цепи (цепи амперметра) для обеспечения безопасности измерений.

Амперметр, шунт или первичная обмотка трансформатора тока всегда включаются последовательно с тем участком цепи, в котором измеряется сила тока.

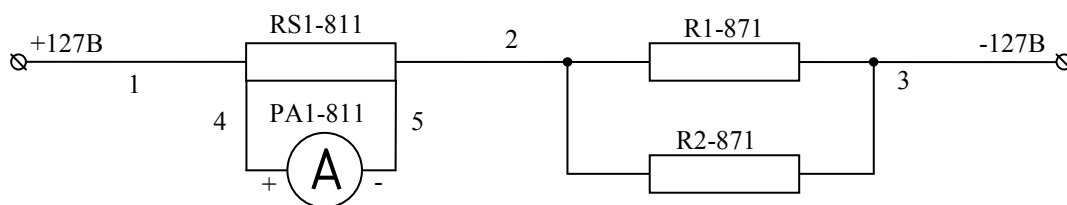


Рис.3.1. Схема измерения тока амперметром с шунтом

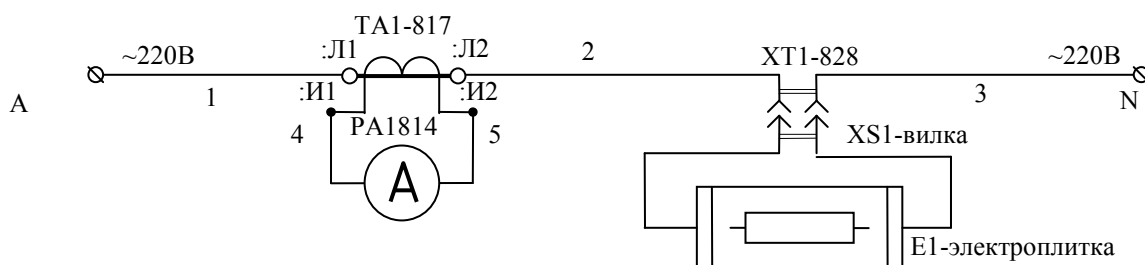


Рис.3.2. Измерение тока амперметром, включённым через трансформатор тока

1. Устройство амперметра электромагнитной системы.
2. Устройство микроамперметра (гальванометра) магнитоэлектрической системы.
3. Назначение и принцип действия шунта.
4. Назначение и принцип действия трансформатора тока.
5. Как определить цену деления амперметра при прямом включении?
6. Как определить цену деления амперметра при включении его через трансформатор тока?
7. Как определить цену деления амперметра, включённого через шунт?
8. Как обозначается рабочее положение шкалы прибора?
9. Как определить необходимое сопротивление шунта при известных: сопротивлении амперметра; пределу измерения амперметра; кратности расширения предела измерения?
10. Почему сопротивление амперметра должно быть ничтожно мало по сравнению с сопротивлением, в котором измеряется ток?
11. Что произойдёт и почему, если амперметр будет подключён параллельно

3.3.3 Результаты и выводы:

Ознакомиться с устройством и принципом действия амперметра. Научиться расширять пределы измерения амперметра.

3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 (2 часа).

Тема: «Изучение устройства и принципа действия электрокалорифера»

3.4.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство электрокалорифера.
2. Изучить зависимость температуры воздуха от напряжения на зажимах электродвигателя вентилятора при постоянной мощности нагревателя [$T=f(U_d)$] и зависимость температуры от мощности нагревателя [$T=f(P_n)$] при постоянном напряжении на зажимах двигателя вентилятора (постоянной частоте вращения вентилятора).

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

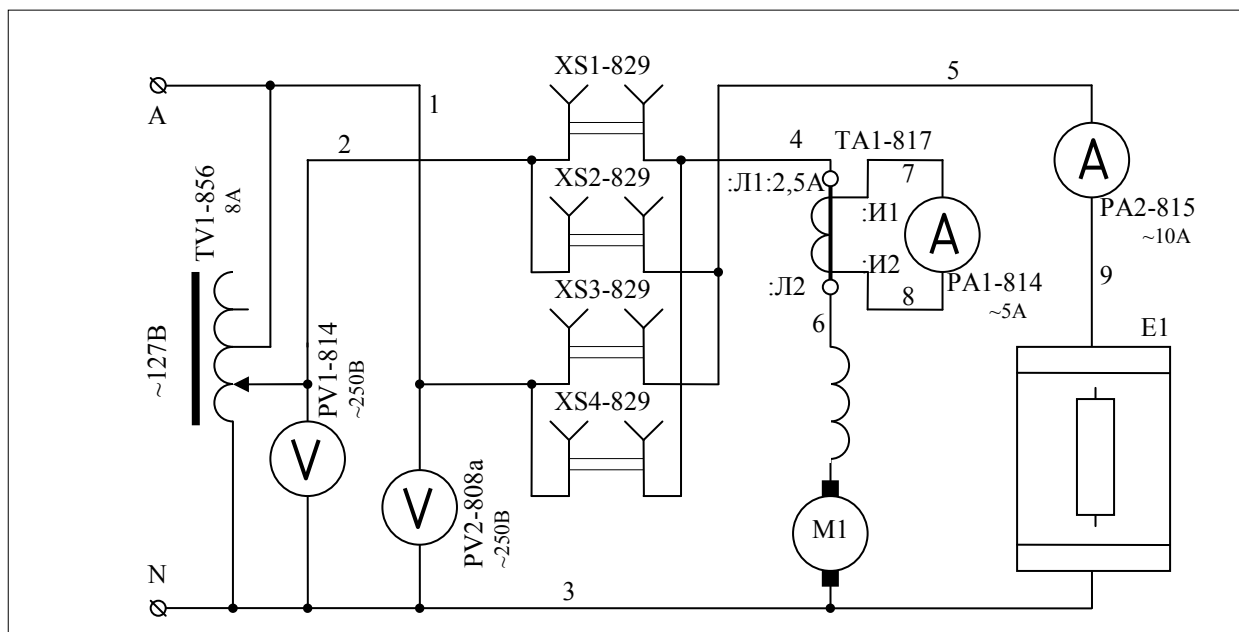
Электрическая энергия нагревателей $P \cdot t$ целиком преобразуется в них в тепловую энергию и передаётся за счёт теплоотдачи объёму V воздуха, прошедшему через нагревательную камеру за время t , температура которого вследствие этого увеличивается на ΔT градусов. Таким образом, справедливо равенство

$$P \cdot t = c \rho V \Delta T, \quad (4.1)$$

где P – электрическая мощность нагревателей, Вт;

c – удельная теплоёмкость воздуха, равная 1005 Дж/кг·град.;

ρ – плотность воздуха, равная 1,29 кг/м³.



Строим графики экспериментальных зависимостей $T = f(P_n)$ при $U_d - Const$ и $T = f(U_d)$ при $U_n - Const$:



Рис. 4.2. График зависимости температуры воздуха от мощности нагревателя электрокалорифера



Рис. 4.3. График зависимости температуры воздуха на выходе электрокалорифера от напряжения на зажимах электродвигателя

Подготавливаем ответы на контрольные вопросы

1. Устройство электрокалорифера.
2. Какими способами можно регулировать температуру нагрева воздуха?
3. Что может произойти при обрыве вала вентилятора?
4. Как можно защитить нагреватель электрокалорифера от случайного исчезновения потока воздуха?
5. Где применяются нагревательные устройства в виде калорифера?
6. Изменится ли мощность спирали электрокалорифера при исчезновении потока воздуха?
7. Как рассчитать количество тепла, необходимого для нагрева воздуха заданного объёма и температуры?
8. Как по величине напряжения и сопротивления спирали определить мощность спирали?

3.4.3 Результаты и выводы:

Изучить устройство и принцип действия электрокалорифера. Научиться производить его включение и регулирование режимов работы.